

新型植物生长调节剂 SHK-6 对大豆产量与蛋白品质的化学调控

张明才 何钟佩 田晓莉 段留生 王保民 翟志席 李召虎

(中国农业大学 作物化控研究中心,农业部作物栽培与耕作学重点开放实验室,北京 100094)

摘要 试验应用 3 个大豆品种经 3 年研究,探讨了新型植物生长调节剂 SHK-6 对大豆产量与品质协同提高的效应及生理基础。结果表明:1) SHK-6 处理增强植株抗倒伏能力,同时明显提高了大豆产量,产量增幅可达到 29%~42%,改善了大豆产量构成因素;2) SHK-6 处理提高了籽粒蛋白质含量,其质量分数为 2.84%~10.28%,且改善了氨基酸组分(除中黄 17 外),例如必需氨基酸质量分数提高了 4.15%~8.39%,氨基酸总量增加了 4.84%~6.65%;3) SHK-6 处理显著提高了大豆根系对氮素的吸收、转化和向地上部运输(伤流)的能力,同时增强了叶片对氮素的还原和转化的能力。

关键词 植物生长调节剂 SHK-6;大豆;产量;蛋白质;氨基酸

中图分类号 S 365; S 565.1

文章编号 1007-4333(2004)01-0026-05

文献标识码 A

Effect of plant growth regulator SHK-6 on soybean yield and protein quality

Zhang Mingcai, He Zhongpei, Tian Xiaoli, Duan Liusheng, Wang Baomin, Zhai Zhixi, Li Zhao hu

(Center of Crop Chemical Regulation, Key Laboratory of Crop Cultivation & Farming System,
Ministry of Agriculture, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract Field experiments were conducted in 1999 to 2001 at the Research Center of China Agricultural University to examine the effect of PGR SHK-6 on soybean yield and quality. Sequential applications of SHK-6 were used for all experiments. Seeds were treated with SHK-6 at 0.4 mL kg⁻¹ seeds and spray applications in branching stage in 1999 to 2001 at 75 mL hm⁻². The results were showed: 1) SHK-6 treatments increased 29% to 42% seed yields than the control and the yield-components were improved by SHK-6 treatment. 2) SHK-6 treatments increased 2.84% to 10.28% protein content in grains, and also improved 4.15% to 8.39% necessary amino acids and 4.84% to 6.65% total amino acids than the control, except for Zhonghuang 17. 3) The ability of root absorbed and transformed nitrogen was significantly increased by SHK-6 treatments, and also the ability of leaves reduced and transformed nitrogen was improved by SHK-6 treatments.

Key words plant growth regulator; SHK-6; soybean; yield; protein; amino acid

由于生产条件的改善、单产水平的提高和气候因素的不利变化,高产与倒伏的矛盾已成为黄淮海高蛋白大豆生产的主要问题。有目标地调节植物内源激素系统的化学调控技术,是保障品种优良遗传性状和抗逆潜能充分发挥的新技术资源。国内外有关大豆化控技术的报道颇多^[1~9]。例如多效唑促进大豆根系生长,增加根瘤数、荚数、粒数和粒重,有利于籽粒蛋白质的增加和抗早衰^[1~3];ABT生根粉能够增加大豆花期和结荚期根系干物质积累量,提

高根冠比(R/S)和收获指数^[4];由于多效唑在土壤中残留时间长,严重地影响了下茬作物的生长,而有些产品应用成本过高,或生产效果不稳定,尚未得到大面积使用。因此,研制新型高效环境友好型的大豆植物生长调节剂是当前在大豆生产上急需解决的问题。中国农业大学化控中心研制了一种新型大豆复合型植物生长调节剂 SHK-6(主要成分为 80%二乙氨基乙基己酸脂·甲哌噻可湿性粉剂),在提高大豆结实率、氮肥利用率等方面有良好效果^[10]。本研

收稿日期:2003-08-09

基金项目:国家高技术研究发展计划资助项目(2003AA246061);农业结构调整重大技术研究专项资助项目(2003-03-03A)

作者简介:张明才,博士研究生;李召虎,教授,博士生导师,通讯作者,主要从事作物化学控制研究。

究以 3 个黄淮海高蛋白大豆品种为材料,探讨植物生长调节剂 SHK-6 对大豆产量构成因子、产量和蛋白质及氨基酸组分的调控效应,为提高大豆生产效率和应用化学控制技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 1999—2001 年在中国农业大学科学园进行。试验地为轻壤土,肥力中等。供试品种为鲁豆 11 号(1999—2000 年)、中黄 13 和中黄 17。1999-05-04 播种,09-15 收获,2000-04-30 播种,于 09-20 收获。2001 年以中黄 13 和中黄 17 为试验材料,05-11 播种,09-19 收获。试验以清水为对照,化控处理包括在播种前用 SHK-6 拌种(每 5 kg 种子 2 g),和叶面分枝期喷施(每 30 kg 水 5 g)。小区面积 20 m²,行距 30 cm,株距 15 cm,播种方式为平播。处理与对照随机排列,3 次重复。在整个生育期间,适时浇水除草并防治病虫害。

1.2 样品采集

1) 干样采集。在各生育期,按小区取样,随机

取 15 株,将其地上部和地下部分开烘干称其质量。

2) 叶片取样方式。每次取样为上午 9:00,自主茎顶部向下,取倒 1~2 叶为上部展开叶,倒 5~6 叶为中部展开叶,倒 9~10 叶为下部展开叶。各个处理取 2 份,放置在低温冰壶内,迅速带回试验室,用湿蒸馏水纱布擦去尘土,1 份样品即刻进行硝酸还原酶活力(NR)测定,另 1 份保存在低温冰箱中,待测。

3) 产量构成因素。每小区选取 2 行,随机取 20 株进行产量构成因素调查。

1.3 试验方法

全氮的测定用凯氏定氮^[11],氨基酸组分测定为酸解法^[12],硝态氮含量测定用 Cataldo 法^[13],硝酸还原酶活力测定用体内分析法^[14],游离氨基酸测定用茚三酮法^[15],固氮活性测定用乙炔还原法^[16]。

2 结果与分析

2.1 SHK-6 对产量及构成因子的影响(表 1)

SHK-6 处理能显著提高大豆的产量。中黄 13 和中黄 17 处理后产量每 666.7 m² 分别比对照增加

表 1 SHK-6 对大豆产量及产量构成因素的影响

Table 1 Effects of SHK-6 on soybean yield, pod number, grain number, and seed weight

品种	年份	处理	株荚数	秕荚数	株粒数	百粒质量/ (g·100 粒 ⁻¹)	666.7 m ² 株数	产量/(kg· (666.7 m ²) ⁻¹)
中黄 13	2001	SHK-6	51 ±3	7 ±1	98 ±9	21 ^{**} ±1	10 200 ±101	191 ^{**} ±6
		CK	46 ±2	10 [*] ±1	91 ±8	14 ±1	13 100 [*] ±201	148 ±3
中黄 17		SHK-6	71 ^{**} ±2	4 ±1	148 [*] ±7	18 ±1	9 800 ±96	186 [*] ±10
		CK	58 ±3	6 ±1	121 ±9	16 ±1	10 000 ±109	142 ±5
鲁豆 11	1999	SHK-6	58 [*] ±2	10 ±1	100 [*] ±9	17 [*] ±1	12 890 ±198	213 ^{**} ±9
		CK	47 ±1	11 ±2	85 ±10	14 ±2	13 334 ±256	159 ±7
	2000	SHK-6	83 ^{**} ±6	5 ±1	162 [*] ±10	19 ±2	9 000 ±96	261 ^{**} ±15
		CK	69 ±5	6 ±1	139 ±7	18 ±1	9 334 ±78	183 ±10

注: *表示在 5%水平下显著, **表示在 1%水平显著,下同。

了 43 和 44 kg,增幅为 29%~31%。在 1999 和 2000 年,鲁豆 11 号处理的产量每 666.7 m² 分别比对照增加 54.04 和 78.13 kg,增幅为 34%~42%。其中,中黄 13 和中黄 17 对照在盛荚期发生倒伏,处理未发生。1999 年在盛花期和 2000 年在盛荚期鲁豆 11 号对照发生倒伏,而处理未出现。试验结果表明 SHK-6 处理提高了单株荚数、粒数和百粒质量,减少了单株秕荚数。单株荚数、粒数和百粒质量的

增加是系统化控技术提高大豆产量的基础。

2.2 SHK-6 对大豆蛋白与氨基酸组分的影响

在不同试验品种中,SHK-6 处理的籽粒蛋白质含量均比对照高(表 2)。SHK-6 处理后大豆的氨基酸组分发生明显变化,中黄 13、鲁豆 11 号处理的氨基酸含量均比对照高,人体必需的 8 种氨基酸组分(不包括色氨酸)都有不同程度的增加,特别是蛋氨酸和赖氨酸,含量明显提高(表 3)。但中黄 17 除蛋

表2 SHK-6对籽粒中蛋白质含量的影响

Table 2 Effect of SHK-6 on soybean protein content

品种	年份	处理	蛋白质含量/	
			(mg g ⁻¹)	w/ %
中黄 13	2001	SHK-6	41.63 ±1.23	10.28
		CK	37.75 ±0.71	—
中黄 17		SHK-6	42.31 ±1.21	3.83
		CK	40.75 ±1.03	—
鲁豆 11号	2000	SHK-6	43.06 ±0.14	2.84
		CK	41.88 ±0.45	—

氨酸含量处理高于对照外,其他测定指标均低于对照,这可能与品种的特异性有关,需进一步研究。

2.3 SHK-6对叶片氮代谢的影响

2.3.1 叶片蛋白质含量 研究结果表明,鲁豆 11号叶片蛋白含量在盛花期和籽粒成熟期化控处理均高于对照,中黄 17 叶片蛋白含量在测定期内均高于对照,而中黄 13 处理在 08-01 高于对照,在 08-30 低于对照(表 4)。

2.3.2 籽粒蛋白质积累 籽粒蛋白质含量随生育期的推移而增加,在测定的各生育期处理籽粒中蛋

表3 SHK-6对大豆籽粒中氨基酸组分变化的影响

Table 3 Effect of the components of amino acid in grain by SHK-6

mg g⁻¹

项目	鲁豆 11号		中黄 13		中黄 17	
	CK	SHK-6	CK	SHK-6	CK	SHK-6
Thr	13.1 ±0.6	14.1 ±1.0	16.5 ±1.0	17.3 ±0.6	16.5 ±1.2	16.2 ±0.3
Leu	26.6 ±1.2	28.5* ±1.3	34.7 ±3.6	36.3* ±1.9	35.3 ±4.2	34.7 ±2.1
Phe	19.0 ±1.0	19.8 ±1.1	22.0 ±1.2	23.5 ±1.3	23.1 ±1.3	22.5 ±1.0
Ile	15.6 ±0.8	17.5* ±0.3	20.2 ±1.4	20.9 ±0.8	21.0 ±2.1	20.2 ±0.7
Val	16.3 ±0.7	18.6* ±0.4	19.7 ±0.9	20.0 ±1.0	20.2 ±1.6	19.0 ±0.9
Met	2.1 ±0.2	2.3 ±0.1	4.7 ±0.2	5.3* ±0.1	4.6 ±0.1	5.2* ±0.08
Lys	19.4 ±0.7	20.7 ±1.4	24.3 ±1.0	24.7 ±1.0	24.9 ±1.1	24.3 ±1.53
必需氨基酸	112.1 ±10.2	121.5 ±11.1	142.1 ±9.3	148.0 ±7.3	145.6 ±13.1	142.1 ±11.3
氨基酸总量	311.4 ±11.5	332.1 ±7.4	441.7 ±11.9	463.1 ±9.8	452.8 ±19.2	450.3 ±11.5

表4 SHK-6对大豆叶片中蛋白质含量的影响

Table 4 Effect of SHK-6 on protein content in soybean leaves

品种	取样日期	处理	蛋白质含量	
			mg g ⁻¹	w/ %
鲁豆 11	2000-06-25	SHK-6	36.63** ±0.54	6.78
		CK	34.13 ±0.22	—
	2000-09-01	SHK-6	19.38** ±0.76	15.24
		CK	16.81 ±0.39	—
中黄 13	2001-08-01	SHK-6	33.88 ±0.93	1.50
		CK	33.38 ±1.22	—
	2001-08-30	SHK-6	25.00 ±0.57	9.00
		CK	27.25 ±0.92	—
中黄 17	2001-08-01	SHK-6	33.69 ±0.81	2.68
		CK	32.81 ±1.02	—
	2001-08-30	SHK-6	25.38* ±0.32	6.86
		CK	23.75 ±0.42	—

白质含量均高于对照,且达到显著水平。在始粒期(08-04)籽粒中蛋白质含量比对照提高了 15.38%,在充实期(08-24)籽粒中蛋白质含量比对照提高了 9.59%。

2.3.3 硝酸还原酶(NR)活性 NR 是植物体内硝酸盐同化过程中的限速酶。如表 5 所示,SHK-6 处理鲁豆 11 号可提高不同叶位 NR 活性。尤其在籽粒充实期(08-24),处理的上、中、下部叶片 NR 活力均明显提高,分别比对照高 10%、37%和 226%。可见 SHK-6 处理有利于维持大豆植株生育后期的叶片生理活性及氮素的转化。

2.3.4 硝态氮含量 硝态氮是硝酸还原酶的底物,在 NR 催化下还原成氨,而后参与氮素代谢循环。SHK-6 处理后,不同部位叶片的硝态氮含量大多高于对照,在上部和下部叶片中表现尤为明显。在籽粒充实期(08-24),SHK-6 处理上、中、下部叶片硝态氮含量分别比对照高 21.38%、3.9%和 12%。叶片中硝态氮含量变化趋势与硝酸还原酶活性一致(表 6)。

表 5 SHK-6 对大豆叶片硝酸还原酶(NR)活性的影响

Table 5 Effect of SHK-6 on NR activity of soybean leaf

 $(\text{NaNO}_2)\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$

取样部位	处理	日期				
		06-11	06-22	07-22	08-04	08-24
上部	SHK-6	17.60 [*] ±0.65	40.82 ^{**} ±2.02	11.14 ±0.48	30.55 [*] ±0.66	14.96 ±0.76
	CK	13.93 ±0.32	28.85 ±1.49	11.55 ±0.94	25.94 ±1.31	13.60 ±0.72
中部	SHK-6	10.78 ±0.65	10.61 ^{**} ±0.62	17.16 ^{**} ±0.77	22.96 ±0.74	12.19 ^{**} ±0.79
	CK	13.68 [*] ±0.54	6.68 ±0.49	3.71 ±0.40	21.85 ±0.63	8.87 ±0.26
下部	SHK-6	8.36 ^{**} ±0.28	2.70 ^{**} ±0.40	14.55 ^{**} ±0.72	9.02 ^{**} ±0.32	8.89 ^{**} ±0.26
	CK	6.79 ±0.45	0.93 ±0.06	1.96 ±0.11	4.30 ±0.19	2.73 ±0.22

注: 日期为 2000 年。下同。

表 6 SHK-6 对大豆叶片硝态氮含量的影响

Table 6 Effects of SHK-6 on $\text{NO}_3\text{-N}$ amount of soybean leaves $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$

取样部位	处理	日期				
		06-11	06-22	07-22	08-04	08-24
上部	SHK-6	4.55 ^{**} ±0.09	6.74 ^{**} ±0.18	3.75 [*] ±0.09	4.70 ^{**} ±0.09	3.26 ±0.29
	CK	2.74 ±0.06	5.56 ±0.05	3.04 ±0.18	4.19 ±0.09	2.69 ±0.13
中部	SHK-6	5.11 ±0.09	3.07 [*] ±0.11	4.14 ^{**} ±0.09	4.61 ±0.13	3.74 ±0.10
	CK	5.62 [*] ±0.10	2.64 ±0.13	3.62 ±0.09	4.86 ±0.24	3.60 ±0.12
下部	SHK-6	4.81 ±0.11	3.74 ^{**} ±0.09	3.65 ±0.19	3.53 ±0.18	3.51 [*] ±0.09
	CK	4.83 ±0.18	2.98 ±0.10	3.69 ±0.10	3.36 ±0.05	3.13 ±0.12

2.4 SHK-6 对根系生理活性的影响

试验结果表明,SHK-6 处理明显提高了根系活力、固氮活性、根系伤流量及其中的硝态氮、氨基酸的含量(表 7)。

表 7 SHK-6 对大豆根系(fw)生理活性的影响

Table 7 Effects of SHK-6 on soybean root physiological activities

w/ %

日期	根系活力	伤流量	伤流		固氮活性
			硝态氮	氨基酸	
06-18	39.6	6.2	232.5	105.5	18.3
06-26	29.5	330.0	77.8	189.4	52.2
08-05	10.0	28.4	29.8	717.2	23.4

注:表中数据均为 SHK-6 与 CK 的比值。

3 讨论与结论

3 年田间试验,以 3 个大豆品种为材料,SHK-6 处理产量增幅可达到 29%~42%,籽粒蛋白质含量提高 2%~3%,且在大多数品种中改善了氨基酸组

分,提高了必需氨基酸的含量,尤其是蛋氨酸。研究结果表明利用化学调控技术,可以实现大豆抗倒,以及产量与蛋白质的协同提高。

大豆是含氮量很高的作物,氮素是大豆主要生理过程的参与者,在产量形成和蛋白质沉积中起着关键作用^[17]。早期研究表明,发育中大豆种子的氮素至少来自 2 个不同的途径,其一是来自叶及其他营养器官的氮素,其二是由根从土壤中吸收和根瘤固定的氮素直接输送给种子,由叶等营养器官再转运到种子中的氮素,它包含的各种氨基酸比较均衡,是生长部位主要的氮源,在大豆籽实蛋白形成中起着十分重要的作用^[18]。本研究表明 SHK-6 处理显著提高了大豆根系对氮素的吸收、转化和向地上部运输(伤流)的能力以及根瘤固氮能力,同时增强了叶片对氮素还原、转化和合成蛋白质的活性,这可能是 SHK-6 协同提高大豆产量和品质的生理基础。

本试验证明化学调控技术在生产上有巨大的潜力。但是新型植物生长调节剂 SHK-6 的应用技术和生产效果尚需大面积生产实践验证与完善。

参 考 文 献

- [1] 肖昌珍,吴明才,陈吾新.多效唑对大豆的生理效应[J].中国油料,1990(4):51~54
- [2] 俞美玉,陶龙兴,姚福德,等. MET对大豆株型的调节作用及增产效果[J].浙江农业科学,1991(1):18~21
- [3] 白嵩,李德春,白宝璋,等. PP333水培对大豆苗期生长的影响[J].大豆科学,1995,14(4):360~363
- [4] 韩田夫,马凤鸣,马秀峰,等. ABT生根粉对大豆内源激素含量和农艺性状的影响[J].大豆科学,1994,13(2):121~124
- [5] 章迪.卅烷醇在大豆上的应用[J].大豆科学,1985,4(1):75~81
- [6] 郑稚莺,陈维多,王守德.乙烯利、三碘苯甲酸、亚硫酸氢钠对大豆的生理作用[J].大豆科学,1997,6(3):239~241
- [7] 肖琳.化学调控对夏大豆株型生理特征和产量的影响[J].中国油料作物学报,1998,20(4):56~60
- [8] 郑殿峰,张玉先,郁明谏,等.壮丰安在大豆栽培中应用的研究[J].中国农业大学学报,1998,3(增刊):81~86
- [9] 许艳丽,李兆林,韩晓增,等.壮丰安对大豆生长发育及产量的调控研究[J].大豆科学,1999,18(4):355~359
- [10] 张明才,何钟佩,段留生,等.北农化控6号对大豆根瘤和叶片蛋白质含量的影响[J].西北植物学报,2000,20(6):1225~1228
- [11] 张家藻,莫尚武,邱淑华.大豆粗蛋白微量快速分析[J].大豆科学,1987,6(2):151~156
- [12] 孟祥勋,胡明祥.大豆籽粒蛋白质氨基酸组成成分的相关分析[J].大豆科学,1987,6(3):213~219
- [13] Cataldo D A, Harsoon M, Schrader L E. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue[J]. Commun Soil Sci and Plant Anal,1975,1:47~49
- [14] 周树,郑相穆.硝酸还原酶体内分析方法的探讨[J].植物生理通讯,1985,21(1):47~49
- [15] 白宝璋,汤学军.植物生理学测试技术[M].北京:中国科学技术出版社,1993.103
- [16] Harper J E, Hageman R H. Canopy and seasonal profiles of nitrate reductase in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). Plant Physiol,1972,49:146~154
- [17] 刘晓冰,金剑,张秋英,等.不同大豆基因型氮素积累运转简报[J].大豆科学,2001,20(4):298~301
- [18] 隋文志,吴魁斌,王强,等.麦秸对大豆蜘蛛氮素变化和运转的影响[J].黑龙江八一农垦大学学报,1994,7(4):45~49